

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-090638

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G02F 1/035  
G02B 6/12

(21)Application number : 08-243013

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 13.09.1996

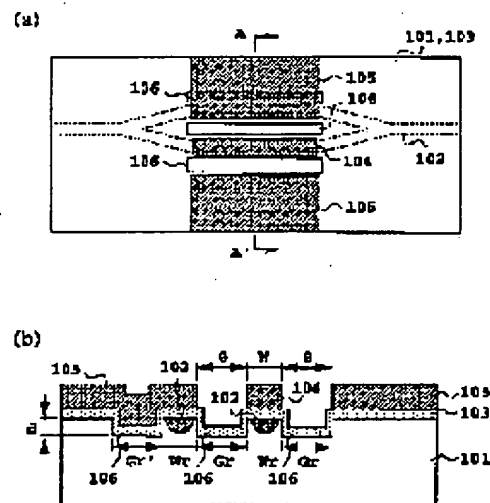
(72)Inventor : NOGUCHI KAZUTO  
MIYAZAWA HIROSHI  
MITOMI OSAMU

## (54) OPTICAL CONTROL ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical control element with excellent productivity, with a less propagation loss in a waveguide capable of high speed operation at a low drive voltage than a conventional one.

SOLUTION: In the optical control element provided with at least an optical waveguide 102 on a surface vicinity, and at least provided with a substrate 101 engraving in the surface of the optical waveguide 102 vicinity, making a ridge shape and having an electrooptic effect, a buffer layer 103 laminated on the surface of the substrate 101 and electrodes consisting of a signal electrode 104 and a grounded electrode 105 formed on the optical waveguide vicinity on the buffer layer 103, a width Gr engraved in the surface of the optical waveguide 102 vicinity is satisfied with the relation of  $Gr \leq G$  for a gap G between the signal electrode 104 and the grounded electrode 105.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 04.01.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-90638

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 F 1/035

G 0 2 F 1/035

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

J

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平8-243013

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月13日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 野口 一人

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 宮澤 弘

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 三富 修

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

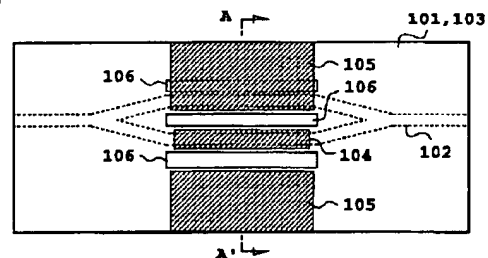
(54) 【発明の名称】 光制御素子

(57) 【要約】

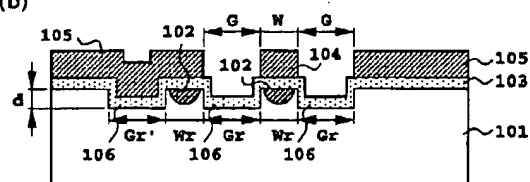
【課題】 従来のものに比べて、製作性が良く、かつ導波路の伝搬損失が小さく、低駆動電圧で高速動作が可能な光制御素子を提供する。

【解決手段】 少なくとも1本の光導波路を表面近傍に備え、かつ該光導波路の近傍の表面を掘り込んでリッジ形状とした電気光学効果を有する基板と、該基板の表面上に積層されたバッファ層と、該バッファ層上の光導波路近傍に形成された信号電極および接地電極とからなる電極とが、少なくとも設けられた光制御素子において、光導波路の近傍の表面を掘り込む幅  $G_r$  は、前記信号電極と前記接地電極との間隔  $G$  に対して、 $G_r \leq G$  の関係を満たすようにする。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも1本の光導波路を表面近傍に備え、かつ該光導波路の近傍の表面を掘り込んでリッジ形状とした電気光学効果を有する基板と、該基板の表面上に積層されたバッファ層と、該バッファ層上の光導波路近傍に形成された信号電極および接地電極とからなる電極とが、少なくとも設けられた光制御素子において、前記光導波路の近傍の表面を掘り込む幅Grは、前記信号電極と前記接地電極との間隔Gに対して、

$$Gr \leq G$$

の関係を満たすように設けられたことを特徴とする光制御素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光波の変調、光路切り替え等を行う光制御素子に関し、特に動作速度が極めて速い光制御素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から光通信システムや光応用計測技術において、例えばニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)結晶のような電気光学効果を有する強誘電体を利用して電気信号による光の変調、スイッチング、偏波制御等を行う光制御素子(光変調器、光スイッチ、偏波制御器等)が数多く用いられている。

【0003】このような従来の光制御素子の一例として、LiNbO<sub>3</sub>結晶を用いた進行波形高速光強度変調器の一構成例を図4(a)および(b)に示す。

【0004】図4(a)はコプレーナ線路形変調電極を用いた光変調器の上面図、図4(b)は(a)のA-A'線に沿った断面図である。この例では、光変調器

$$\Delta f = 1.4c / (\pi |n_m - n_o| L) \cdots (1)$$

中、cは真空中の光速、Lは変調電極の相互作用長である。変調器の駆動電圧V $\pi$ の大きさは変調電極長Lに反比例する関係がある。したがって、式(1)の関係から、駆動電圧を大きくすることなく広帯域化を図るためには、Z=50 $\Omega$ とし、さらにn<sub>m</sub>の大きさをn<sub>o</sub>の大きさに近付けるように、変調電極の構造および大きさ、バッファ層の厚さ、リッジの幅・高さ等を設定している。

【0008】ところで、このようなリッジ構造を形成する技術としては、基板上にTaやAl、Tiなどの金属あるいはフォトレジストを使ってマスクパターンを形成する工程を行った後、RIE法、RIBE法、あるいはIBE法等によりドライエッチングを行うことによりリッジ構造を得る方法が知られている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の方法では、酸化物結晶であるLiNbO<sub>3</sub>、基板はエッチング速度が極端に小さく、上記マスクパターンとのエッチング速度差が確保できないという解決すべき課題を有する。

\*は、Ti熱核酸によって形成されたマッハツェンダ形光導波路402を表面近傍に備え、かつ該光導波路の近傍の表面を数ミクロン掘り込んでリッジ形状とした電気光学効果を持つZカットLiNbO<sub>3</sub>、基板401と、該基板の表面上に積層され、かつ変調電極による光の伝搬損失を制御するために、例えばSiO<sub>2</sub>のような誘電体よりなるバッファ層(光導波路のクラッド層)405と、該バッファ層405上の光導波路近傍に形成され、かつAu、Al等の信号電極404および接地電極405から構成されるコプレーナ線路変調電極とを備える。

【0005】従来このような変調器においては、通常、電極の寸法は信号電極404の幅が5~10 $\mu$ m、信号電極404と接地電極405との間隔が10~50 $\mu$ m程度に設定される。この場合、高効率な変調動作を実現するために、信号電極404の幅は光導波路402の幅とほぼ同程度の大きさに、また広域特性を確保するためにリッジ幅よりはやや狭い程度に設定される。ここで、電極の特性インピーダンスZは、変調信号源等の入出力インピーダンス(通常50 $\Omega$ )に整合させる必要がある

ので、Zの値を50 $\Omega$ またはそれに近い値に設定する。【0006】このような従来の変調器において、変調信号の伝搬速度と光導波路を伝わる光波速度とが一致していない場合、変調器の動作帯域は主にこの速度不整合によって制限される。変調信号に対する電極の実効屈折率をn<sub>m</sub>、光導波路の実効屈折率をn<sub>o</sub>(波長 $\lambda$ =1.5 $\mu$ m帯ではn<sub>o</sub>=2.15(電気3dB)は、以下の式(1)に示す関係で与えられることが知られている。

## 【0007】

## 【数1】

そのため、エッチング速度の分布が不均一になると共にLiNbO<sub>3</sub>、基板のエッチング中にリッジ部分のサイドエッチングが進行する。その結果、Ti拡散光導波路の側壁が削られてしまい、光導波路の伝搬損失が増大してしまう。

【0010】したがって、本発明は、上記従来の問題点を解決し、製作性が良く、かつ導波路の伝搬損失が小さく、低駆動電圧で高速動作が可能な光制御素子を提供することを目的とする。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明にもとづく光導波路は、少なくとも1本の光導波路を表面近傍に備え、かつ該光導波路の近傍の表面を掘り込んでリッジ形状とした電気光学効果を有する基板と、該基板の表面上に積層されたバッファ層と、該バッファ層上の光導波路近傍に形成された信号電極および接地電極とからなる電極とが、少なくとも設けられた光制御素子において、光導波路の近傍の表面を掘り込む幅は、信号電極と接地電極との間隔と等しいか、もしくは

該間隔よりも狭いことを特徴とする。すなわち、図1または図3において、幅 $G_r$ （および $G_r'$ ）と間隔 $G$ との関係が、 $G_r \leq G$ （および $G_r \leq G'$ ）となる。したがって、本発明によれば、リッジ構造を形成するのに必要な基板のエッチング面積を必要最小限とすることにより、エッチング速度が増すので、リッジ形成プロセスに要する時間を短くできる。さらに、光導波路のサイドエッチングが少なくなるので伝搬損失の増大が極めて小さい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態例を説明する。

【0013】＜第1の実施形態例＞本発明の第1の実施形態例であるマッハツェンダ形光変調素子の一構成例を図1に示す。

【0014】図1(a)はコプレーナ線路形変調電極を用いた光変調器の上面図、図1(b)は変調器中央部A-A'に沿った断面図である。この実施形態例において、図4に示した従来例と同様に、エッチングしてリッジ形状とした $LiNbO_3$ 、基板101上にTi拡散光導波路102、およびバッファ層103を介して信号電極104および接地電極105から構成される進行波電極が設けられている。しかし、この実施形態例では従来例の構造と異なって、エッチング領域106の幅 $G_r$ および $G_r'$ を信号電極104と接地電極105との間隔 $G$ にほぼ等しく設定し、その他の基板領域はエッチングしていない。

【0015】このような構成からなる光変調器と従来のものについて、リッジ構造作製時のエッチング深さの割合 $d$ 、およびサイドエッチングによるリッジ幅の減少分 $\Delta W$ の、 $LiNbO_3$ 、基板（3インチ幅）上における分布を測定した。その結果を図2に示す。図2のデータを得るにあたり、同一基板の上半分に従来例のマスクパターンを、下半分に本発明の実施形態例のマスクパターンを作製し、1度のプロセスで同時にエッチングした。

【0016】本発明者らは、基板上でエッチング面積の割合が大きいと、エッチング速度が低下すると共に、リッジ部分のサイドエッチエッチングが進行してTi拡散光導波路の側壁が削られてしまい、導波路の伝搬損失が増大することを新たに見出した。図2からわかるように、本発明の実施形態例では従来例に比べて10%以上エッチング速度が大きい。しかも、サイドエッチングが $1\mu m$ 小さく、ウェハ面内の均一性もよい。これは、リッジの幅が $5\sim 10\mu m$ 程度であるのに対し、変調器の幅 $100\mu m$ 以上であり、図4に示した従来構造の変調器の場合、エッチングする領域はエッチングしないリッジ部分に比べて $5\sim 10$ 倍以上になるからである。

【0017】なお、変調帯域、駆動電圧等の変調特性は、従来例と本発明の実施形態例とでは差が認められなかった。

【0018】＜第2の実施形態例＞図3は本発明の第2の実施形態例を説明するためのもので、(a)は2つのコプレーナ線路形変調電極を備えた光変調器の上面図、(b)は変調器中央部A-A'に沿った断面図である。この実施形態例では、zカット $LiNbO_3$ 、基板301上にTi拡散光導波路302が形成され、その光導波路302の両側306の領域がエッチングされてリッジ形状をなしている。さらにバッファ層303を介して第1の信号電極304aおよび第2の信号電極304b、および接地電極305から構成される2つの進行波電極を有する。

【0019】このような2つ以上の信号電極を備えた光変調器では、信号電極間のクロストークを抑圧するために、2つの信号電極304aおよび305bの間に接地電極305を設けるとともに、信号電極の間隔を数百ミクロン以上の離す必要がある。実施形態例では、信号電極304aあるいは305bと接地電極305との間隔（ $10\sim 50\mu m$ 程度）だけエッチングしており、数百ミクロンにおよび接地電極の下部をエッチングする必要がないので、第1の実施形態例同様、 $LiNbO_3$ 、基板のエッチング速度を高めてエッチング時間を短くすると共に、導波路側壁のサイドエッチングを抑制することが可能になる。

【0020】なお、図1の実施形態例では、マッハツェンダ導波路の対称性を保つため、接地電極105の下部分幅 $G_r'$ 掘り込み、 $G_r$ と等しくしているが、対称性を問題にしない場合や、位相変調器で導波路が1本の場合は $G_r' = 0$ 、すなわち接地電極の下を掘り込む必要はない。

【0021】以上の実施形態例ではzカット $LiNbO_3$ 、基板を用いたがxカットやyカット等、他の面方位の $LiNbO_3$ 、基板を用いてもよいし、 $LiTaO_3$ 、等、電気光学効果を有するその他の基板を用いてもよい。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明にもとづく光制御素子は上記のような構成をなすことによって、速度整合・インピーダンス整合をとると共に、電極の導体損失を大幅に低減することによって、低駆動電圧で高速動作が可能で、かつ製作性が良く、導波路の伝搬損失が小さい光制御素子を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にもとづく光制御素子の一例を説明するためのもので、(a)は上面図、(b)は(a)のA-A'線に沿う断面図である。

【図2】本発明の効果を説明するためのもので、エッチング深さとリッジ幅との基板上分布を示す図である。

【図3】本発明にもとづく光制御素子の他の例を説明するためのもので、(a)は上面図、(b)は(a)のA-A'線に沿う断面図である。

【図4】従来の光制御素子の一例（マッハツェンダ形光

(4)

特開平10-90638

5

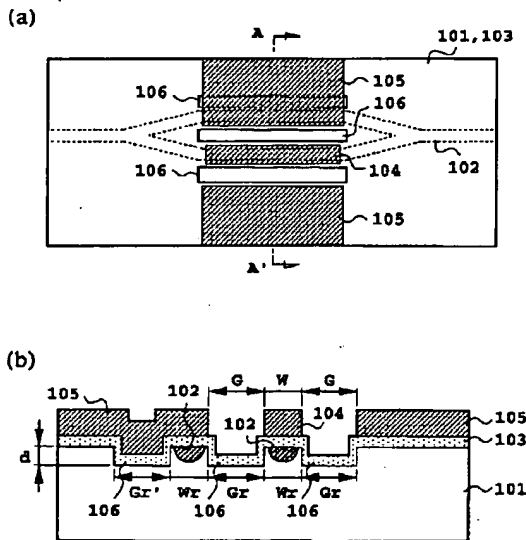
強度変調器)を説明するためのもので、(a)は上面図、(b)は(a)のA-A'線に沿う断面図である。  
 【符号の説明】  
 101, 301, 401 zカットLiNbO<sub>3</sub>基板  
 102, 302, 402 Ti拡散光導波路

6

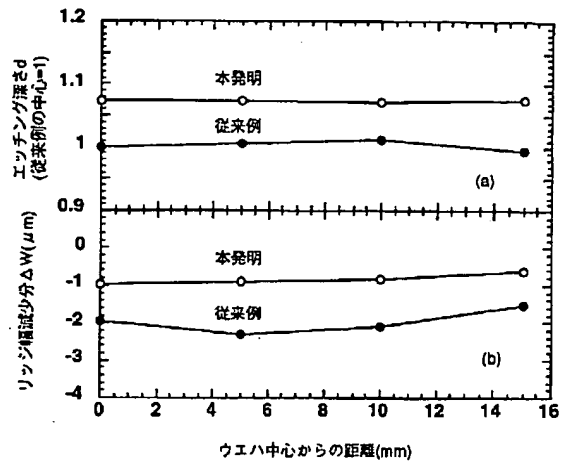
\* 103, 303, 403 SiO<sub>2</sub> バッファ層  
 104, 304a, 304b, 404 信号電極  
 105, 305, 405 接地電極  
 106, 306, 406 エッチング領域

\*

【図1】

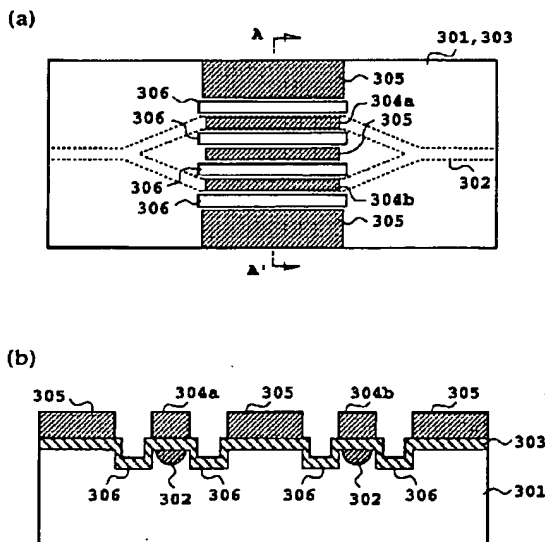


【図2】

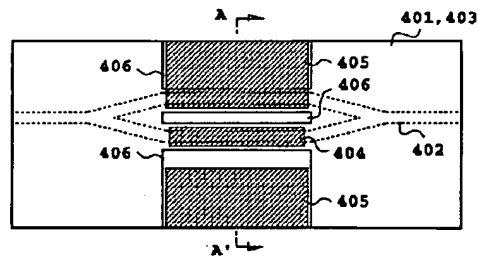


【図4】

【図3】



(a)



(b)

